Revista COOPEX (ISSN:2177-5052)

Influência do Estresse Térmico na Produção Bovina

Influence of Thermal Stress on Cattle Production

Rebeca Castelo Branco Brasileiro [1]
Francinaldo Nunes Pessoa Filho [2]
Vinicius Pessoa Batista dos Santos [3]
Luiz Henrique de Souza Rodrigues [4]
Claudiney Felipe Almeida Inô [5]
Bernadin Fonrose [6]
Maria Araceli Silva de Araújo [7]
Bonifácio Benicio de Souza [8*]

Resumo: A relevante importância da interferência climática na produção de bovinos a torna um pilar na produtividade pecuária. Levando em consideração as recentes mudanças climáticas, faz-se necessário de forma urgente, estudos ainda mais aprofundados sobre o tema, tendo em vista a ameaça da produtividade destes animais que move o Produto Interno Bruto de diversos países. Para compreendermos a interferência do clima nessa produção, abordamos neste artigo as respostas comportamentais, fisiológicas, neuroendócrinas (onde será citada a influência do estresse térmico na produção de cortisol e dos hormônios da tireoide) dos bovinos ao clima.

Palavras-chave: bioclimatologia, estresse térmico, produção de bovinos.

Abstract: The relevant importance of climate interference in cattle production makes it a pillar of livestock productivity. Taking into account recent climate changes, even more in-depth studies on the topic are urgently needed, given the threat to the productivity of these animals, which drives the GDP of several countries. To understand the interference of climate in this production, in this article we address the behavioral, physiological and neuroendocrine responses (where the influence of heat stress on the production of cortisol and thyroid hormones will be mentioned) of cattle to climate.

Keywords: bioclimatology, thermal stress, cattle production.

DOI: 10.61223/coopex.v15i3.999

[1] Médica veterinária, Mestranda pela Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, E-mail: medvet.rebecacastelo@gmail.com;
[2] Agrônomo, Mestrando pela Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, E-mail: francinaldo.nunes2345@gmail.com;
[3] Médico veterinário, Mestrando pela Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, E-mail: viniciusvet@icloud.com;
[4] Médico veterinário, Mestrando pela Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, E-mail: luiz.veterinaria@gmail.com;
[5] Mestre em Ciência Animal, pela Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, E-mail: claudiney.felipe@estudante.ufcg.edu.br;
[6] Agronomo, pelo Campus Henry Christophe de L'Université D'État D'Haïti à Limonade (CHC-UEHL), E-mail: fbernadin87@gmail.com;
[7] Médica veterinária, Mestranda pela Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, E-mail: maria-araceli2020@hotmail.com;
[8*] Autor correspondente. Professor Titular da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG. Bolsista de produtividade do CNPq. E-mail: bonifacio.ufcg@gmail.com.

INTRODUÇÃO

O IPCC concluiu uma previsão de aumento da temperatura global de 1,4 para 4,8 ºC até o final deste século. Estas mudanças climáticas são capazes de causar desconforto térmico severo na produção de bovinos a nível global, destacando-se os países tropicais e subtropicais com as maiores porcentagens do gado afetado por estresse, diminuindo a sua produtividade.

A nível de classificação do conforto térmico, a zona termoneutra (ZTN) é considerada a zona térmica de maior conforto para todos os animais, onde eles usam energia mínima para manter suas temperaturas corporais centrais. Por outro lado, a temperatura crítica superior (TCS) é a temperatura na qual o gado deve usar energia para dissipar o calor corporal com o objetivo de manter sua temperatura corporal central (Mishra 2021). O gado experimenta estresse térmico quando a temperatura ambiente anula ZTN e TCS (Mishra e Palai 2014; Collier et al., 2019).

A severidade do estresse térmico na espécie bovina é comumente estimada pelo índice de temperatura e umidade (ITU) (Yadav et al. 2021). O ITU menor que 72, entre 73–77, entre 78 e 89 e mais de 90 é considerado sem estresse térmico, estresse térmico leve, estresse térmico moderado e estresse térmico severo, respectivamente (Kohli et al., 2014).

O gado se adapta ao calor exibindo diferentes respostas termorregulatórias, como respostas comportamentais, fisiológicas (as quais serão abordadas neste artigo), neuroendócrinas (onde serão abordadas a influência na produção de cortisol e dos hormônios da tireoide) e moleculares (Collier e Gebremedhin 2015; Mishra 2020).

Consumo de matéria seca

Geralmente, o estresse térmico reduz o consumo de matéria seca (CMS), afetando negativamente a saúde e a produção do gado (Rhoads 2013). Em 1986 (Beede e Collier) conseguiu-se estabelecer que uma mudança de temperatura de 25 para 27 ºC já reduz a CMS em bovinos leiteiros, chegando em outro estudo, na diminuição de 40% do CMS em bovinos expostos a 40 ºC (NRC, 2007).

Estudos realizados nos EUA mostraram que a exposição de vacas a condições de estresse térmico reduziu a eficiência alimentar (conversão de alimento em leite) em 15%, reduzindo os lucros na produção (Flamenbau, 2021).

A redução do CMS atribuída à inibição dos núcleos arqueados (INA), núcleos paraventriculares (NPV) e área hipotalâmica lateral (AHL) em bovinos estressados pelo calor. A redução do CMS pode reduzir o metabolismo corporal, resultando em menor produção de calor em bovinos em estresse térmico devido a altas temperaturas.

Os teores de gordura do leite diminuem quando as vacas são expostas a estresse calórico classificado como "severo". Os ácidos graxos de cadeia longa aumentam e os de cadeia curta diminuem (Bernabucci; Calamari, 1998). Uma possível explicação para os menores teores de gordura observados no leite de vacas em situações de estresse calórico seria a variação no consumo de forrageiras pelos animais. O menor consumo de volumosos provoca uma alteração na relação acetato/propionato, alterando assim a composição do leite (Coolier, 1985). Na maioria dos casos, a proteína do leite é negativamente afetada pelo estresse calórico, com decréscimo nos teores de caseína. Os íons cálcio, fósforo e magnésio geralmente diminuem, enquanto os níveis de cloro aumentam (Bernabucci; Calamari, 1998).

Ingestão de água

A ingestão de água (IA) pode ser influenciada pela temperatura ambiente, tipos de ração, raças (genótipo), peso corporal e parâmetros fisiológicos (Arias e Mader 2011). Geralmente, os bovinos tendem a beber mais água quando expostos a temperaturas ambientais mais elevadas para lidar com a condição adversa do estresse térmico (Bernabucci et al. 2010). A IA aumentou 75% em bovinos durante os meses de verão do que no inverno (Mullick 1964).

O consumo médio de água em vacas é de 24,8; 27,4; 29,2 e 31 litros para 10, 16, 22 e 28ºC, respectivamente (Medeiros; Vieira, 2019).

A maior IA durante o estresse térmico pode ser devido à hiperosmolaridade plasmática resultante da perda de calor evaporativo via sudorese (177%) (McDowell e Weldy 1967). Então, a hiperosmolaridade plasmática pode ser detectada pelos osmorreceptores centrais, seguida pela ativação do centro da sede hipotalâmica para tornar a IC mais alta em bovinos estressados pelo calor. O maior WI durante o estresse térmico do verão também pode ser atribuído ao maior débito urinário (25%) e evaporação via trato respiratório (54%) (McDowell e Weldy 1967).

Comportamento de deitar e de estação

O ato de deitar é considerado um comportamento ideal para averiguar a saúde, o bem-estar, a reprodução e o desempenho produtivo dos bovinos leiteiros (Solano et al., 2016; Tullo et al., 2019).

O maior tempo de postura deitada sugere que os bovinos são saudáveis e produtivos (Fregonesi e Leaver 2001). A duração normal do comportamento em estação em bovinos é em torno de 9 a 14 h/dia (Tullo et al. 2019). No entanto, variáveis ambientais como temperatura ambiente, umidade relativa, radiação solar, velocidade do vento e precipitação pluviométrica afetam o comportamento de postura dos bovinos, diminuindo sua saúde e produção (Tullo et al. 2019). A postura deitada foi maior durante o início da manhã e no final da noite, enquanto a menor durante o final da tarde e à noite (Overton et al. 2002). Isso pode ser devido à menor intensidade do estresse térmico no início da manhã e no final da noite em comparação com o final da tarde e da noite, quando o estresse térmico intenso é maior. Animais em estresse térmico devido a altas temperaturas, passam mais tempo em estação, mesmo cansados, pois aumentam a perda de calor por evaporação e convecção.

A cada hora que a vaca está deitada, ela é capaz de produzir 1,6 quilo de leite, isso porque o fluxo de sangue que chega ao úbere da vaca deitada é maior do que na vaca em estação, propiciando maior produção de leite (Educa Point, 2019)

Comportamento de busca de sombra

Geralmente, as sombras foram usadas como a principal estratégia de mitigação para diminuir os efeitos negativos do estresse térmico em bovinos durante o estresse por calor e umidade elevados (Her et al. 1988; Muller et al., 1994). Os bovinos permanecem basicamente sob sombra durante o dia e preferem pastar durante a noite para evitar os efeitos prejudiciais do estresse térmico (Shearer et al. 1991). Normalmente, os bovinos permanecem sob a sombra em

vez de deitados para evitar qualquer tipo de ganho de calor do solo quente via condução ou radiação (Schutz et al. 2008). A cor da pele do gado leiteiro também influencia o comportamento de busca de sombra, já que os bovinos de cor escura preferem mais sombra do que os bovinos de cor clara (Tucker et al. 2008).

Comportamento do cio

O stress térmico altera significativamente o comportamento do cio em todos os animais de exploração, incluindo os bovinos. A duração do estro foi de 11 h. em novilhas HF expostas a estresse térmico por calor dentro da câmara climática, 14 h durante o estresse térmico no verão e 20 h dentro de alojamento frio (Gangawar et al. 1965).

Temperatura retal

O TR tem sido aceito como o indicador mais confiável dentre todas as respostas fisiológicas apresentadas pelos bovinos contra o estresse térmico (Koga 2004; Morais et al., 2008; Rhoads et al., 2009; Taylor et al., 2014; Falkenberg et al., 2014; Bharati et al., 2017). Geralmente, ZTN para bovinos varia entre 38 e 38,5°C e TR além de 42°C é considerado fatal (Findlay 1958). O gado leiteiro pode eliminar o calor corporal através da perda de calor evaporativo em temperatura ambiental elevada, mas nem sempre é possível manter a ZTN devido as altas ou baixas temperaturas extremas. Quando a temperatura retal e a frequência respiratória ultrapassam 39,5 °C, há um estresse calórico severo (BARBOSA et al., 2021).

Um estudo feito por Ferreira et. al, (2006) realocou bovinos, em número de cinco, submetidos ao conforto térmico (22°C a 70% de umidade relativa) por 12 horas e ao estresse calórico (42ºC e 60% de umidade relativa) durante seis horas, logo após o período de conforto, nas estações de verão e inverno, em câmara bioclimática. Nas duas etapas, foram registradas a temperatura retal (TR), a freqüência respiratória (FR) e a temperatura de superfície corporal (TSC) às 6 e 16 horas. Os animais apresentaram aumento da TR, da FR e da TSC no período de estresse calórico ($P<0,05$). O aumento da TR e FR foi mais acentuado no verão ($P<0,05$). A TSC não apresentou diferença entre as estações ($P<0,05$).

Frequência respiratória

A frequência respiratória (FR) é considerada o indicador mais sensível dentre todas as respostas fisiológicas apresentadas por bovinos sob estresse térmico (Morais et al., 2008; Indu e Pareek 2015; Brown-Brandl et al., 2003; De Andrade Ferrazza et al., 2017; Bharati et al., 2017a). A FR tende a aumentar com o aumento da temperatura ambiente e pode ser influenciada por espécie, raça, idade, sexo, condição corporal, tempo de alimentação, manejo alimentar, plano de nutrição, exposição prévia ao calor, manejo de abrigos e estratégias de resfriamento (Gaughan et al. 2000). Quando a frequência respiratória ultrapassam 80 movimentos respiratórios por minuto, há um estresse calórico severo (BARBOSA et al., 2021).

A elevação da FR relatada por diferentes autores pode melhorar a perda de calor por evaporação, causando resfriamento durante o estresse térmico. Em um estudo, Spiers e colaboradores (2004) portou um aumento na FR em vacas HF após exposição ao calor no ITU entre 76,4 e 78 (88,6 ciclos/min) em comparação com ZTN no ITU entre 62,5 e 65 (59,6 ciclos/min).

Frequência cardíaca

O sistema cardiopulmonar parece ser regulado pela temperatura ambiente, umidade relativa, duração da luz do dia e estações do ano (Mohr et al., 2002; Marai et al., 2007). Juntamente com o TR e a FR, a frequência cardíaca (FC) também é considerada um indicador valioso para quantificar a intensidade do estresse térmico em bovinos (Das et al. 2016). Um aumento significativo na frequência de pulso (RP) de 64 para 81 batimentos/min foi observado em vacas HF expostas ao estresse térmico a 32°C (Koubkova et al. 2002). O aumento da FC durante o estresse térmico poderia ser devido à maior secreção de catecolaminas, que poderiam ativar receptores adrenérgicos nos miócitos cardíacos (Janzekovic et al. 2006).

Um estudo feito por Dalcin (2013), afirmou que a FR foi o melhor indicativo do estresse térmico e seu valor crítico foi de 140mov/min para as vacas Girolando e 168 mov/min para a raça Holandesa. Vacas da raça Holandesa são mais sensíveis ao estresse térmico do que cruzas Holandês-Zebuíno.

Taxa de sudorese

A sudorese leva à perda de calor evaporativo e é considerada um processo vital em bovinos para neutralizar os efeitos nocivos do estresse térmico (Gebremedhin et al. 2008). Quando a temperatura ambiente anula a temperatura corporal central do animal, o gado prefere eliminar o calor corporal por evaporação, experimentando assim um melhor resfriamento (Gebremedhin e Wu 2001). A perda de calor evaporativo em bovinos torna-se mais proeminente quando o ITU excede 90 (Jian et al. 2015). A perda de calor evaporativo ocorre através de superfícies cutâneas ou respiratórias. A perda de calor evaporativa que ocorre via superfície cutânea é conhecida como evaporação cutânea ou sudorese, enquanto através da superfície respiratória é conhecida como respiração ofegante (Maia et al., 2008; Da Silva e Maia 2011). Além disso, a sudorese contribui com cerca de 65%, enquanto a respiração ofegante contribui com cerca de 35% da perda total de calor evaporativo em bovinos sob estresse térmico extremo (Maia et al., 2008; Da Silva e Maia 2011; Jian et al., 2015).

Temperatura da pele

A troca de ondas térmicas ocorre entre a pele do animal e o ambiente circundante durante o estresse térmico. A temperatura mais alta da pele (TS) durante o estresse térmico tem efeitos prejudiciais, pois impede a dissipação de calor do corpo do animal para o ambiente externo para manter a homeostase. Normalmente, a perda de calor do corpo do animal ocorre através de quatro processos como condução, convecção, radiação e evaporação. Os três primeiros processos são considerados perda de calor sensível, que depende do gradiente de temperatura entre o corpo do animal e o ambiente e ocorre eficientemente quando a temperatura ambiente está abaixo ou dentro do ZTN, enquanto a perda de calor evaporativo predomina quando a temperatura ambiente compete com ZTN (Maia et al. 2005).

Respostas Neuroendócrinas

Respostas neuroendócrinas são exibidas seguindo respostas comportamentais e fisiológicas para atenuar os efeitos negativos do estresse térmico. As respostas neuroendócrinas são realizadas pela alternância no padrão de secreção de vários hormônios na circulação sistêmica e executando suas funções específicas nas respectivas células-alvo ou tecidos sob

estresse térmico. O estresse térmico evoca o eixo hipotálamo-hipófise-adrenal (HPA) e o eixo SAM produzir e liberar vários hormônios na circulação sistêmica para modular diferentes metabolismos corporais, revivendo assim a homeostase energética (Spencer e Deak 2017). A ação sinérgica dos eixos HPA e SAM socorre ainda mais o gado a se adaptar aos rigores do estresse térmico (Kumar et al. 2011; Mishra 2021). Esta seção enfoca as várias respostas neuroendócrinas apresentadas por diferentes raças de bovinos sob estresse térmico. Os principais hormônios neuroendócrinos responsáveis pela adaptação térmica são cortisol, catecolaminas, hormônio tireoidiano, hormônio do crescimento (GH), insulina, prolactina, aldosterona, hormônio antidiurético (ADH), leptina e hormônios reprodutivos (Mishra e Palai 2014b; Mishra 2021).

Cortisol

O estresse térmico estimula a PVN hipotalâmica a secretar o hormônio liberador de corticotropina (CRH), que age sobre os corticotróficos da adenohipófise para secretar ACTH, que ativa ainda mais a zona fasciculada do córtex adrenal para secretar cortisol na circulação sistêmica. Inúmeros relatos indicam elevação no nível de cortisol plasmático em bovinos estressados pelo calor. A concentração plasmática de cortisol aumentou significativamente de 2,4 para 3,9 μg/dl após 2 h, atingiu o máximo (5,4 μg/dl) após 4 h, seguido de redução gradual para o nível basal (2,4 μg/dl) após 48 h e permaneceu em platô durante o estresse térmico de longo prazo a 35°C (Alvarez e Johnson, 1973). O aumento imediato do cortisol plasmático pode ser devido à ativação do eixo HPA, que pode ter desencadeado a secreção de cascata de hormônios como CRH (PVN hipotalâmico), ACTH (adenohipófise) e cortisol (córtex adrenal).

No entanto, a redução gradual e o estágio de platô do nível de cortisol podem ser devidos à adaptação térmica durante o estresse térmico de longo prazo. Em novilhos com IC, o nível de cortisol plasmático foi gradualmente aumentado de 9,7 ng/ml (TNZ) para 11,6, 17,9 e 22,6 ng/ml em 60 min, 80 min e 110 min, respectivamente, reduzido para 16,7 ng/ml em 120 min e depois aumentado para 28,5 ng/ml em 160 min e, finalmente, reduzido para 20,3 ng/ml após 240 min de exposição ao calor a 42°C (Abilay et al. 1975). O aumento inicial no nível de cortisol plasmático até 110 min de exposição ao calor pode ser devido à ativação da PVN

hipotalâmica, então a redução em 120 min pode ser devido à adaptação inicial ao estresse térmico agudo, então a elevação em 160 min pode ser devido à ativação recorrente de PVN hipotalâmico em resposta à 2ª fase de estresse térmico agudo seguida de queda em 240 min, que pode ser devido à adaptação à 2ª fase do estresse térmico agudo. Da mesma forma, a concentração média de cortisol plasmático foi significativamente maior em vacas leiteiras em lactação sem sombra (13,04 ng/ml) do que sob sombra (8,72 ng/ml) durante os meses de verão (Roman-Ponce et al. 1981). Isso pode ser devido ao fato de que vacas sem sombra podem ter experimentado mais estresse térmico, liberando mais cortisol para combater a situação.

Hormônios tireoidianos e TSH

Os hormônios tireoidianos desempenham um papel profundo na termorregulação e homeostase energética, afetando o desempenho reprodutivo e produtivo dos bovinos (Huszenicza et al. 2002; Djokovic et al., 2010; Mishra 2021). Múltiplos estímulos ativam o eixo hipotálamo-hipófise tireoidiana (HPT) para produzir hormônio tireoidiano que altera a taxa metabólica basal, regulando a homeostase energética. O PVN hipotalâmico sintetiza o hormônio liberador de tireotrofina (TRH), que ativa as tireotróficas da adenohipófise para produzir hormônio estimulante da tireoide (TSH), que finalmente desencadeia o folículo tireoidiano para produzir T_3 e T_4 (Fekete e Lechan 2013; Omidi et al., 2015). A glândula tireoide é altamente termossensível e influenciada pelo estresse térmico imposto pela alta temperatura ambiente (Rasooli et al. 2004). Sabe-se que a alta temperatura aliada à alta umidade relativa do ar durante os meses de verão diminuem a atividade da glândula tireoide em bovinos (Morais et al. 2008; Saber et al., 2009; Aggarwal e Upadhyay 2013). Em geral, o plasma T_3 e T_4 os níveis foram reduzidos em até 25% em vacas em lactação expostas ao estresse térmico (Magdub et al. 1982). (1988) relataram redução significativa na T plasmática$_3$ nível de 2,2 a 1,16 ng/mL em vacas leiteiras em lactação expostas ao estresse térmico agudo.

A albumina transporta os hormônios da tireóide, sendo a proteína mais abundante do plasma, 50% do total das proteínas. É sintetizada no fígado. Na desidratação ocorre aumento do nível de albumina no sangue. Quanto os níveis de albumina e ureia estiverem 8 baixos, provavelmente será deficiência de proteína na dieta, mas se os níveis de albumina estiverem baixos e uréia normal, pode ser relacionado a dano hepático. A creatinina é derivada da creatina presente no músculo. A creatina é um metabólito para armazenar energia no músculo na forma

de fosfocreatina e após degrada-se em creatinina. Essa reação não é enzimática (Rodrigues 2006).

MATERIAL E MÉTODOS

O artigo foi desenvolvido em forma de revisão de literatura, tomando como base livros, artigos e trabalhos acadêmicos anexados em plataformas digitais em sua maioria provindas da plataforma Capes. Também foram utilizados artigos anexados na plataforma Scielo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após aprofundado estudo sobre a interferência do clima na produção bovina, foi percebido que para que se saiba o real impacto dessa variável na pecuária faz-se necessário um estudo minucioso, aprofundado e detalhado sobre cada resposta corpórea da espécie animal em questão sob os mais variados climas, e principalmente, sob o estresse térmico ao calor, em virtude do aquecimento global atual e previsto.

Foi importante compreender que existe uma sequência de respostas corpóreas e comportamentais dos bovinos de acordo com a gravidade do estresse térmico, onde foi possível notar que a resposta comportamental surge concomitante ou não com a resposta fisiológica, seguindo das respostas neuroendócrinas e moleculares.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A influência climática é um dos pilares na produção de bovinos e é de extrema importância o seu estudo devido a esta atividade pecuária ser de grande impacto financeiro mundial, além da espécie em questão ser a mais produzida e comercializada. A considerável necessidade de estudos na área também se deve ao fato das atuais e possíveis mudanças climáticas que vem se mostrando severas e necessitam de recursos e ação humana para a melhor manutenção da existência e produtividade bovina. Uma das formas de estudar o impacto do clima na produção bovina é detalhando as particularidades das respostas corporais e comportamentais da espécie aos variados climas.

REFERÊNCIAS

Abdel-Samee, AM, Habeeb, AAM, Kamal, TH, Abdel-Razik, MA, 1989. O papel da suplementação com uréia e mistura mineral na melhoria da produtividade de bezerros
Abilay, TA, Mitra, R., Johnson, HD, 1975. Cortisol plasmático e níveis totais de progestina em novilhos Holandeses durante exposição aguda a condições de alta temperatura ambiental (42°C), Journal of Animal Science, 41, 113-118.

Abreu A.D.S. indicadores do estresse térmico em bovinos; disponível em; https://www.ufrgs.br/lacvet/site/wp-content/uploads/2020/11/estresse_termico.pdf., 2011.
Aggarwal, A., Upadhyay, R., 2013. Estresse térmico e hormônios (eds) Aggarwal A, Upadhyay R In: Estresse térmico e produtividade animal, 27-51.

Ahmad, M., Bhatti, JA, Abdullah, M., Javed, K., Ali, M., Rashid, G., Uddin, R., Badini, AH, Jehan, M., 2018. Efeito das intervenções de gestão ambiental sobre a produção e desempenho fisiológico de bovinos Sahiwal em lactação durante o verão quente e seco, Tropical Animal Health and Production, 50, 1249-1254.

Alvarez, MB, Johnson, JD, 1973. Exposição ao calor ambiental em catecolaminas e glicocorticóides plasmáticos de bovinos, Journal of Dairy Science, 56, 189-194.

Arias, RA, Mader, TL, 2011. Fatores ambientais que afetam a ingestão diária de água em bovinos terminados em confinamentos, Journal of Animal Science, 89, 245-251.

Baek, YC, Kim, M., Jeong, JY, Oh, YK, Lee, SD, Lee, YK, Ji, SY, Choi, H., 2019. Efeitos do estresse térmico agudo de curto prazo nas respostas fisiológicas e proteínas de choque térmico de novilho Hanwoo (gado coreano), Journal of Animal Reproduction and Biotechnology, 34, 173-182.

Barbosa, Antônio Amaral; Vieira, Laura Valadão; Freitas, Karen Cruz; Silveira, Rutiele. Estresse térmico em vacas leiteiras. 1. ed. Ponta Grossa: Atena Editora, 2021. 72 p.

Baumgard, LH, Rhoads, RP, 2013. Efeitos do estresse térmico no metabolismo pós-absortivo e energético, Annual Review of Animal Biosciences, 1, 311-337.

Beede, DK, Collier, RJ, 1986. Estratégias nutricionais potenciais para bovinos manejados intensivamente durante estresse térmico, Journal of Animal Science, 62, 543-554.

Bernabucci, U., Lacetera, N., Baumgard, LH, Rhoads, RP, Ronchi, B., Nardone, A., 2010. Aclimatação metabólica e hormonal ao estresse térmico em ruminantes domesticados, Animal, 4, 1167-1183.

Bharati, J., Dangi, SS, Mishra, SR, Chouhan, VS, Verma, V., Shankar, O., Bharti, MK, Paul, A., Mahato, DK, Rajesh, G., Singh, G., Maurya, VP, Bag, S., Kumar, P., Sarkar, M., 2017. Análise de expressão de receptores Toll like e interleucinas em gado Tharparkar durante a aclimatação à exposição ao estresse térmico, Journal of Thermal Biology, 65, 48-56.

Bharati, J., Dangi, SS, Mishra, SR, Chouhan, VS, Verma, V., Shankar, O., Bharti, MK, Paul, A., Mahato, DK, Rajesh, G., Singh, G., Maurya, VP, Bag, S., Kumar, P., Sarkar, M., 2017. Análise de expressão de receptores Toll like e interleucinas em gado Tharparkar durante a aclimatação à exposição ao estresse térmico, Journal of Thermal Biology, 65, 48-56.

Breen, KM, Karsch, FJ, 2006. Novos insights sobre glicocorticóides, estresse e supressão de gonadotrofinas, Frontiers in Neuroendocrinology, 27, 233-245.

Brown-Brandl, TM, Nienaber, JA, Eigenberg, RA, Hahn, GL, Freetly, H., 2003. Respostas termorregulatórias de gado alimentador, Journal of Thermal Biology, 28, 149-157.

Chen, S., Wang, J., Peng, D., Li, G., Chen, J., Gu, X., 2018. A exposição ao ambiente de estresse térmico afeta a fisiologia, os níveis de circulação de citocinas e o microbioma em vacas leiteiras, Scientific Reports, 8, 14606.

Collier, RJ, Baumgard, LH, Zimbelman, RB, Xiao, Y., 2019. Estresse térmico: fisiologia da aclimatação e adaptação, Animal Frontiers, 9, 12-19.

Collier, RJ, Beede, DK, Thatcher, WW, Israel, LA, Wilcox, CJ, 1982. Influências do ambiente e sua modificação na saúde e produção de animais leiteiros, Journal of Dairy Science, 65, 2213-2227.

Collier, RJ, Gebremedhin, KG, 2015. Biologia térmica de animais domésticos, Annual Review of Animal Biosciences, 3, 513-532.

Da Silva, RG, Maia, ASC, 2011. Resfriamento evaporativo e temperatura superficial cutânea de vacas holandesas em condições tropicais, Revista Brasileira de Zootecnia, 40, 1143-1147.

Dalcin. C.V, Pimentel. M.M.C, Fischer. V; disponível em; https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/89729/000914057.pdf?sequence=1#:~:text=A%20FR%20foi%20o%20melhor,leiteira%2C%20termorregula%C3%A7%C3%A3o%2C%20conforto%20t%C3%A9rmico. Acesso em; set. 2017

Das, R., Sailo, L., Verma, N., Bharti, P., Saikia, J., Mtiwati, I., Kumar, R., 2016. Impacto do estresse térmico na saúde e no desempenho de animais leiteiros: A revisão, Veterinary World, 9, 260-268.

Das, S., Palai, TK, Mishra, SR, Das, D., Jena, B., 2011. Nutrição em relação a doenças e estresse térmico em aves, Veterinary World, 4, 429-432.

De Andrade Ferrazza, R., Garcia, HDM, Aristizabal, VHV, de Souza Nogueira, C., Verissimo, CJ, Sartori, JR, Sartori, R., Ferreira, JCP, 2017. Respostas termorregulatórias de vacas holandesas expostas a indução experimental estresse térmico, Journal of Thermal Biology, 66, 68-80.

De la Hoya, MPG, Toca Ramirez, JA, Contreras, PR, Diaz, CEP, Saucedo, FOR, Saucedo, JSQ, 2015. Papel do gene da leptina na produção de gado: revisão, Journal of Animal and Veterinary Advances, 14, 81- 90.

Djokovic, R., Samanc, H., Bojkovski, J., Fratric, N., 2010. Concentrações sanguíneas de hormônios tireoidianos e lipídios de vacas leiteiras em período de transição, Lucrări Ştiinłifice Medicină Veterinară, 43, 34-40

El-Koja, MN, Belyea, RL, Johnson, HD, Marts, FA, 1980. Efeito da temperatura ambiental e do nível de fibra divina sobre a ingestão, produção de leite e utilização de nutrientes de vacas leiteiras em lactação, American Journal of Dairy Science, 5, 63 -85.

El-Nouty, FD, Elbanna, IM, Davis, TP, Johnson, HD, 1980. Resposta de aldosterona e ADH ao calor e desidratação em bovinos, Journal of Applied Physiology, 48, 249-255.

F. Ferreira, M.F.A. Pires, M.L. Martinez, S.G. Coelho, A.U. Carvalho, P.M. Ferreira, E.J. Facury Filho, W.E. Campos; disponível em; https://doi.org/10.1590/S0102-09352006000500005 ., Acesso em 30 de jul, 2016.

Falkenberg, SM, Ridpath, J., Vander Ley, B., Bauermann, FV, Sanchez, NB, Carroll, JA, 2014. Comparação das flutuações de temperatura em vários locais anatômicos em bovinos durante a exposição ao vírus da diarreia viral bovina, Livestock Science, 164:159-167.

Fekete, C., Lechan, RM, 2013. Regulação central do eixo hipotálamo-hipófise-tireoide sob condições fisiológicas e fisiopatológicas, Endocrine Reviews, 35, 159-194.

Findlay, JD, 1958. Reações fisiológicas do gado ao estresse climático, Proceedings of Nutrition Society, 17, 186-190.

Flamenbaum, I. Estresse térmico em vacas: efeitos e prejuízos econômicos; disponível em; https://www.milkpoint.com.br/colunas/cowcooling/estresse-termico-em-vacas-consequencia-e-prejuizos-economicos-223335/., 12 de dez.2019.

Fregonesi, JA, Leaver, JD, 2001. Indicadores de comportamento, desempenho e saúde de bem-estar para vacas leiteiras alojadas em sistemas de palha ou cubículos, Livestock Production Science, 68, 205-216.

Gangawar, PC, Branton, C., Evans, DL, 1965. Respostas reprodutivas e fisiológicas de novilhas holandesas ao controle e clima natural, Journal of Dairy Science, 48, 222-227.

Gantner, V., Mijic, P., Kuteroval, K., Solic, D., Gantner, R., 2011. Valores do índice de umidade térmica e sua importância na produção diária de gado leiteiro, Mljekarstvo, 61, 56-63.

Garcia, MR, Amstalden, M., Williams, SW, Stanko, RL, Morrison, CD, Keisler, DH, Nizielski, SE, Williams, GL, 2002. Leptina sérica e sua expressão genética adiposa durante o desenvolvimento puberal, o ciclo estral, e diferentes estações no gado, Journal of Animal Science, 80, 2158-2167.

Gaughan, JB, Holt, SM, Hahn, GL, Mader, TL, Eigenberg, R., 2000. Taxa de respiração - é uma boa medida do estresse térmico em bovinos?, Asian-Australasian Journal of Animal Science, 13, 329- 332.

Gebremedhin, KG, Hillman, PE, Lee, CN, Collier, RJ, Willard, ST, Arthington, JD, Brown-Brandl, TM, 2008. Taxas de sudorese de vacas leiteiras e novilhas de corte em condições de calor, Sociedade Americana de Agricultura e Biologia Engenheiros, 51, 2167-2178.

Gebremedhin, KG, Wu, B., 2001. Um modelo de resfriamento evaporativo da superfície úmida da pele e camada de pêlo, Journal of Thermal Biology, 26, 537-545.

Gilad, E., Meidan, R., Berman, A., Graber, Y., Wolfenson, D., 1993. Efeito do estresse térmico na secreção de gonadotrofina induzida por tônico e GnRH em relação à concentração de estradiol no plasma de vacas cíclicas , Jornal de Reprodução e Fertilidade, 99, 315-321.

Habeeb, AAM, 1987. O papel da insulina na melhoria da produtividade de animais de fazenda estressados pelo calor com diferentes técnicas, Ph.D. Tese, Faculdade de Agricultura, Universidade Zagazig, Zagazig, Egito.Her, E., Wolfenson, D., Flamenbaum, I., Folman, Y., Kaim, M., Berman, A., 1988. Respostas térmicas, produtivas e reprodutivas de vacas de alto rendimento expostas ao resfriamento de curto prazo no verão , Journal of Dairy Science, 71, 1085-1092.

Huszenicza, G., Kulcsar, M., Rudas, P., 2002. Endocrinologia clínica da função da glândula tireóide em ruminantes, Medicina Veterinária Tcheca, 47, 199-210.

Indu, S., Pareek, A., 2015. Uma revisão: crescimento e adaptabilidade fisiológica de ovelhas ao estresse térmico em ambiente semiárido, International Journal of Emerging Trends in Science and Technology, 2, 3188-3198.

Itoh, F., Obara, Y., Rose, MT, Fuse, H., Hashimoto, H., 1998. Secreção de insulina e glucagon em vacas lactantes durante exposição ao calor, Journal of Animal Science, 76, 2182-2189.
Janzekovic, M., Mursec, B., Janzekovic, I., 2006. Técnicas de medição da frequência cardíaca em bovinos. Tehnicki Vjesnik, 13, 31-37.

Jian, W., Ke, Y., Cheng, L., 2015. Respostas fisiológicas e lactação à perda de calor evaporativo cutâneo em Bos indicus, Bos taurus e seus mestiços, Asian-Australasian Journal of Animal Science, 28, 1558-1564 .

Khan, A., Dou, J., Wang, Y., Jiang, X., Khan, MZ, Luo, H., Usman, T., Zhu, H., 2020. Avaliação dos efeitos do estresse térmico no celular e na transcrição adaptação de células da granulosa bovina, Journal of Animal Science and Biotechnology, 11, 25.

Kim, WS, Nejad, JG, Peng, DQ, Jung, US, Kim, MJ, Jo, YH, Jo, JH, Lee, JS, Lee, HG, 2020. Identificação da expressão do gene da proteína de choque térmico em folículos capilares como um novo indicador de estresse por calor em bezerros de corte, Animal , 14, 1502-1508.

Koga, A., 2004. Comparação da resposta termorreguladora de búfalos e bovinos tropicais, usando flutuações na temperatura retal, temperatura da pele e hematócrito como índice, The Journal of Agricultural Science, 142, 351-355.

Kolli, V., Upadhyay, RC, Singh, D., 2014. A assinatura transcriptômica de leucócitos do sangue periférico destaca as vias metabólicas alteradas pelo estresse térmico em gado zebu, Research in Veterinary Science, 96, 102-110.

Koubkova, M., Kuizkova, I., Kunc, P., Hartlova, H., Flusser, J., Dolezal, O., 2002. Influência da alta temperatura ambiental e resfriamento evaporativo em alguns parâmetros fisiológicos, hematológicos e bioquímicos em alta produzindo vacas leiteiras, Journal of Animal Science, 47, 309-318.

Kumar, A., Ashraf, S., Goud, TS, Grewal, A., Singh, SV, Yadav, BR, Upadhyay, RC, 2015. Perfil de expressão dos principais genes de proteínas de choque térmico durante diferentes estações em bovinos (Bos indicus) e búfalos (Bubalus bubalis) sob condições climáticas tropicais, Journal of Thermal Biology, 51, 55-64.

Kumar, SBV, Kumar, A., Kataria, M., 2011. Efeito do estresse térmico na pecuária tropical e diferentes estratégias para sua melhoria, Journal of Stress Physiology and Biochemistry, 7, 46-54

Magdub, A., Johnson, H., Belyea, R., 1982. Efeito do calor ambiental e da fibra alimentar na fisiologia da tireoide de vacas lactantes, Journal of Dairy Science, 65, 2323-2331.

Maia, AS, Da Silva, RG, Battiston Loureiro, CM, 2005. Perda de calor sensível e latente da superfície corporal de vacas holandesas em ambiente tropical, International Journal of Biometeorology, 50, 17-22.

Maia, ASC, Da Silva, RG, Loureiro, CMB, 2008. Perda de calor latente de vacas holandesas em ambiente tropical: um modelo de predição, Revista Brasileira de Zootecnia, 37, 1837-1843.
Marai, IFM, El-Darawany, AA, Fadiel, A., Abdel-Hafez, MAM, 2007. Características fisiológicas afetadas pelo estresse térmico em ovelhas - uma revisão, Small Ruminant Research, 71, 1-12.

McDowell, RE, Weldy, JR, 1967. Troca de água de gado sob estresse térmico, In Proceedings of the 3rd iternacinal Biometeorological Congress, Londres, Reino Unido, 414-424.

Medeiros; Vieira; disponível em; https://www.educapoint.com.br/v2/blog/pecuaria-leite/efeito-temperatura-ingestao-alimentos-agua/ ., 2019.

Mishra, SR, 2020. Importância de chaperonas moleculares e micro RNAs na aquisição de termotolerância em bovinos leiteiros, Biotecnologia Animal, https://doi-org.ez292.periodicos.capes.gov.br/10.1080/10495398.2020.1830788 .

Mishra, SR, 2021. Respostas termorregulatórias em búfalos ribeirinhos contra o estresse térmico: uma revisão atualizada, Journal of Thermal Biology, 102844.

Mishra, SR, Bharati, J., Bharti, MK, Kar, D., Sahoo, PR, 2016. Adipocinas como moduladores metabólicos das funções ovarianas em pecuária: Uma mini-revisão, Journal of Advanced Veterinary and Animal Research, 3, 206 -213.

Mishra, SR, Palai, TK, 2014. Importância do HSP70 na Pecuária - no nível celular, Journal of Molecular Pathofisiology, 3, 30-32.

Mohr, E, Langbein, J, Nurnberg, G., 2002. Variabilidade da frequência cardíaca - Uma abordagem não invasiva para medir o estresse em bezerros e vacas, Physiology and Behavior, 75, 251-259.

Morais, DAEF, Maia, ASC, Silva, RG, Vasconcelos, AM, Lima, PO, Guilhermino, MM, 2008. Variação anual dos hormônios tireoidianos e características termorreguladoras de vacas leiteiras em ambiente quente, Revista Brasileira de Zootecnia, 37, 538-545 .

Muller, CJC, Botha, JA, Smith, WA, 1994. Efeito da sombra em vários parâmetros de vacas Frísias em um clima mediterrâneo na África do Sul. 1. Ingestão de ração e água, produção de leite e composição do leite, South African Journal of Animal Science, 24, 49-55.

Mullick, DN, 1964. Um estudo sobre o metabolismo de nutrientes alimentares em bovinos e búfalos sob estresse climático, Arid Zone Research, 14, 137.

O'Brien, MD, Rhoads, RP, Sanders, SR, Duff, GC, Baumgard, LH, 2010. Adaptações metabólicas ao estresse térmico em bovinos em crescimento, Domestic Animal Endocrinology, 38, 86-94.

O'Callagan, D., Boland, MP, 1999. Efeitos nutricionais na ovulação, desenvolvimento embrionário e estabelecimento da gravidez em ruminantes, Animal Science, 68, 299-314.

Omidi, A., Kheirie, M., Sarir, H., 2015. Impacto da vitamina C nas concentrações de hormônio estimulador da tireoide e hormônios da tireoide em cordeiros sob estresse térmico agudo de curto prazo, Veterinary Science Development, 5, 103-106.

Overton, MW, Sischo, WM, Temple, GD, Moore, DA, 2002. Uso de fotografia de vídeo com lapso de tempo para avaliar o comportamento de gado leiteiro deitado em um celeiro free-stall. Journal of Dairy Science, 85, 2407-2413.

Palai, TK, Mishra, SR, 2015. Caspases: um mediador de apoptose, Journal of Advanced Veterinary and Animal Research, 2, 18-22

Pires, BV, Stafuzza, NB, Lima, S., Lima, SBGPNP, Negrão, JA, Paz, CCP, 2019. Expressão diferencial de genes de proteínas de choque térmico associadas ao estresse térmico em bovinos de corte Nelore e Caracu, Livestock Science, 230, 103839.

Rasooli, A., Nouri, M., Khadjeh, GH, Rasekh, A., 2004. A influência das variações sazonais na atividade da tireoide e alguns parâmetros bioquímicos do gado, Iranian Journal of Veterinary Research, 5, 1383-1391.

Reshma, R., Mishra, SR, Thakur, N., Parmar, MS, Somal, A., Bharti, MK, Pandey, S., Chouhan, VS, Verma, MR, Singh, G., Sharma, GT, Maurya , VP, Sarkar, M., 2016. Papel modulador da leptina nas funções ovarianas em búfalos aquáticos (Bubalus Bubalis), Theriogenology, 86, 1720-1739.

Rhoads, ML, Rhoads, RP, VanBaale, MJ, Collier, RJ, Sanders, SR, Weber, WJ, Crooker, BA, Baumgard, LH, 2009. Efeitos do estresse térmico e do plano de nutrição em vacas Holandesas em lactação: I. Produção , metabolismo e aspectos da somatotropina circulante, Journal of Dairy Science, 92, 1986-1997.

Riedel, W., Layka, H., Neeck, G., 1998. Padrão secretor de GH, TSH, hormônios tireoidianos, ACTH, cortisol, FSH e LH em pacientes com síndrome de fibromialgia após injeção sistêmica dos hormônios liberadores hipotalâmicos relevantes , Zeitschrift für Rheumatologie, 57, 81-87.

RODRIGUES, E. Conforto térmico das construções. 3. Fisiologia da homeotermia. Disponível em:<http://www.ufrrj.br/institutos/it/dau/profs/edmundo/Cap% EDtulo3-Homeotermia.pdf>. Acesso:Agosto de 2006.

Roman-Ponce, H., Thatcher, WW, Wilcox, CJ, 1981. Inter-relações hormonais e respostas fisiológicas de vacas leiteiras em lactação ao sistema de manejo de sombra em um ambiente subtropical, Theriogenology, 16, 139-154.

Saber, APR, Jalali, MT, Mohjeri, D., Akhoole, AA, Teymuourluei, HZN, Nouri, M., Garachorlo, S., 2009. O efeito da temperatura ambiente na concentração de hormônios tireoidianos e alterações histopatológicas da glândula tireoide em bovinos em Tabriz Irã, Asian Journal of Animal and Veterinary Advances, 4, 28-33.

Sahu, S., Mishra, SR, Kundu, AK, 2019. Impacto do estresse térmico na dinâmica de expressão de HSP60 em células de fibroblastos cardíacos de cabra, Animal Biotechnology, 28, 1-7. doi: https://doi-org.ez292.periodicos.capes.gov.br/10.1080/10495398.2019.1696353 .

Sahu, S., Mishra, SR, Kundu, AK, 2019. Impacto do estresse térmico na dinâmica de expressão de HSP60 em células de fibroblastos cardíacos de cabra, Animal Biotechnology, 28, 1-7. doi: https://doi-org.ez292.periodicos.capes.gov.br/10.1080/10495398.2019.1696353 .

Salles, AYFL, Batista, LF, Souza, BB, Silva, AF, Correia, ELB, 2017. Hormônios de crescimento e reprodução de ruminantes submetidos ao estresse térmico, Journal of Animal Behavior and Biometeorology, 5, 7-12.

Schutz, KE, Cox, NR, Matthews, LR, 2008. Qual a importância da sombra para o gado leiteiro? Escolha entre sombra ou deitar seguindo diferentes níveis de privação de mentira Applied Animal Behavior Science, 114, 307-318.

Sejrsen, K., Fitzgerald, EM, Tucker, HA, Huber, JT, 1980. Efeito do plano de nutrição na prolactina e insulina sérica em novilhas pré e pós-púberes, Journal of Dairy Science, 53, 326-327.

Shandilya, Reino Unido, Sharma, A., Sodhi, M., Mukesh, M., 2020. O estresse térmico modula a resposta diferencial em células fibroblásticas da pele de bovinos nativos (Bos indicus) e búfalos ribeirinhos (Bubalus bubalis), Bioscience Reports, 40, BSR20191544.

Shearer, JK, Beede, DK, Bucklin, RA, Bray, DR, 1991. Modificações ambientais para reduzir o estresse térmico em gado leiteiro, Agri-Practice, 12, 7-18.

Singh, SV, Upadhyay, RC, Kundu, SS, Vaidya, MM, Singh, AK, 2012. Leptina como hormônio homeostático metabólico e energético em animais leiteiros: uma revisão, Indian Journal of Animal Nutrition, 29, 109-116.

Solano, L., Barkema, HW, Pajor, EA, Mason, S., LeBlanc, SJ, Nash, CGR, Haley, DB, Pellerin, D., Rushen, J., de Passillé, AM, Vasseur, E., Orsel, K., 2016. Associações entre comportamento mentiroso e claudicação em vacas holandesas canadenses alojadas em celeiros freestall, Journal of Dairy Science, 99, 2086-2101.

Somparn, P., Gibb, MJ, Markvichitr, K., Chaiyabutr, N., Thummabood, S., Vajrabukka, C., 2004. Análise de risco climático para produção de gado e búfalos no nordeste da Tailândia, International Journal of Biometeorology, 49 , 59-64.

Spencer, RL, Deak, T., 2017. Um guia do usuário para pesquisa, fisiologia e comportamento do eixo HPA, 178, 43-65.

Spires, DE, Espanha, JN, Sampson, JD, Rhoads, RP, 2004. Uso de parâmetros fisiológicos para prever a produção de leite e consumo de ração em vacas leiteiras estressadas pelo calor, Journal of Thermal Biology, 29, 759-764.

Stocker, TF, Qin, D., Plattner, GK, Tignor, M., Allen, SK, Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, V., Midgley, PM, 2013. IPCC: A Base da Ciência Física. Contribuição do Grupo de Trabalho I para o Quinto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas, 1535.

Stricker, EM, Verbalis, JG, 2013. Ingestão de água e sal e homeostase de fluidos corporais, In Fundamental Neuroscience (4ª edição), 783-797.

Taylor, NA, Tipton, MJ, Kenny, GP, 2014. Considerações para a medição das temperaturas central, da pele e corporal média, Journal of Thermal Biology, 46, 72-101.

Tucker, CB, Rogers, AR, Schutz, KE 2008. Efeito da radiação solar no comportamento do gado leiteiro, uso de sombra e temperatura corporal em um sistema baseado em pastagem. Ciência Aplicada do Comportamento Animal, 109, 141-154.

Tullo, E., Mattachini, G., Riva, E, Finzi, A, Provolo, G., Guarino, M., 2019. Efeitos das condições climáticas no comportamento mentiroso de um grupo de vacas leiteiras primíparas, animais, 9, 869.

Wheelock, JB, Rhoads, RP, Vanbaale, MJ, Sanders, SR, Baumgard, LH, 2010. Efeitos do estresse térmico no metabolismo energético em vacas Holandesas em lactação, Journal of Dairy Science, 93, 644-655.

Wolfenson, D., Lew, BJ, Thatcher, WW, Graber, Y., Meidan, R., 1997. Efeitos do estresse térmico sazonal e agudo na produção de esteróides por folículos dominantes em vacas, Animal Reproduction Science, 47, 9-19.

Yadav, B., Singh, G., Wankar, A., 2021. Dinâmica de aclimatação ao estresse térmico extremo em bovinos mestiços. Pesquisa de Ritmo Biológico, 52, 524-534. https://doi-org.ez292.periodicos.capes.gov.br/10.1080/09291016.2019.16127 .

Zhang, FJ, Weng, G., Wang, JF, Zhou, D., Zhang, W., Zhai, CC, Hou, YX, Zhu, YH, 2014. Índice de temperatura e umidade e suplementação de cromo na atividade antioxidante, proteína de choque térmico 72, e resposta de citocinas de vacas em lactação, Journal of Animal Science , 92, 3026-3034.